

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

16. 7. 2004

REC'D 05 AUG 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月16日

出願番号
Application Number: 特願2003-275333
[ST. 10/C]: [JP2003-275333]

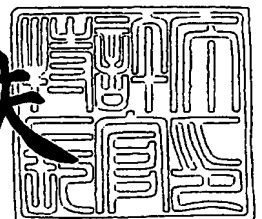
出願人
Applicant(s): 日本電気株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 49200337
【提出日】 平成15年 7月16日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H04B 7/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 伊藤 匠
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 吉田 尚正
【特許出願人】
 【識別番号】 000004237
 【氏名又は名称】 日本電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100123788
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 宮崎 昭夫
 【電話番号】 03-3585-1882
【選任した代理人】
 【識別番号】 100088328
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 金田 暢之
【選任した代理人】
 【識別番号】 100106297
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊藤 克博
【選任した代理人】
 【識別番号】 100106138
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 石橋 政幸
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 201087
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0304683

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項1】**

送信装置から複数の送信アンテナによって並列に送信された送信信号を、複数の受信アンテナによって受信し、復調を行う受信装置において、

復調信号を計測し、信号系列ごとに無線回線品質を推定するための物理量を計算する第1の手段と、

前記第1の手段が計算した物理量にもとづいて無線回線品質を評価し、前記送信装置による次の伝送における伝送パラメータを信号系列ごとに決定する第2の手段と、

前記第2の手段が決定した伝送パラメータを前記送信装置に送信する第3の手段と、

受信信号から伝送パラメータの変更を信号系列ごとに検出する第4の手段を有することを特徴とする受信装置。

【請求項2】

前記物理量は、前記復調信号のSINRである、請求項1に記載の受信装置。

【請求項3】

前記伝送パラメータは、マッピングにおける変調多値数である、請求項1または2に記載の受信装置。

【請求項4】

送信装置から複数の送信アンテナによって並列に送信された送信信号を、複数の受信アンテナによって受信し、送信信号と受信信号を関係づけるチャネル行列を推定して、該チャネル行列にもとづいて復調を行う受信装置において、

前記チャネル行列のみにもとづいて、信号系列ごとに無線回線品質を推定するための物理量を計算する第1の手段と、

前記第1の手段が計算した物理量にもとづいて無線回線品質を評価し、前記送信装置による次の伝送における伝送パラメータを信号系列ごとに決定する第2の手段と、

前記第2の手段が決定した伝送パラメータを前記送信装置に送信する第3の手段と、

受信信号から伝送パラメータの変更を信号系列ごとに検出する第4の手段を有することを特徴とする受信装置。

【請求項5】

前記物理量は、復調信号のSNRである、請求項4に記載の受信装置。

【請求項6】

前記物理量は、前記複数の送信アンテナが個別に信号を送信したと仮定した場合に、前記複数の受信アンテナがそれぞれ検出する信号のSNRの総和である、請求項4に記載の受信装置。

【請求項7】

前記物理量は、より大きな値を有する1つまたは複数の前記SNRの総和である、請求項6に記載の受信装置。

【請求項8】

前記伝送パラメータは、マッピングにおける変調多値数である、請求項4から7のいずれか1項に記載の受信装置。

【請求項9】

請求項1から8のいずれか1項に記載の受信装置の前記第3の手段が送信した前記伝送パラメータを受信して、信号系列ごとに伝送を制御する手段を有する、複数の送信アンテナによって並列に信号を送信する送信装置。

【請求項10】

請求項9に記載の送信装置と、請求項1から8のいずれか1項に記載の受信装置の間で、データを並列に送受信する無線通信システム。

【請求項11】

複数の受信アンテナによって受信を行う受信装置へ、複数の送信アンテナによって並列にデータを送信する送信装置であって、該送信装置が送信した信号と、前記受信装置が検出した該信号を関係づけるチャネル行列と、前記受信装置が送信した信号と、前記送信装置

が検出した該信号を関係づけるチャネル行列が同一になるような無線通信システムにおける送信装置において、

前記チャネル行列を推定する第1の手段と、

前記チャネル行列のみにもとづいて、信号系列ごとに無線回線品質を推定するための物理量を計算する第2の手段と、

前記第2の手段が計算した物理量にもとづいて無線回線品質を評価し、次回の伝送における伝送パラメータを信号系列ごとに決定する第3の手段と、

前記第3の手段が決定した伝送パラメータにもとづいて、信号系列ごとに伝送の制御を行う第4の手段を有することを特徴とする送信装置。

【請求項12】

前記物理量は、前記受信装置の復調信号のSNRである、請求項11に記載の送信装置。

【請求項13】

前記物理量は、前記複数の送信アンテナが個別に信号を送信したと仮定した場合に、前記複数の受信アンテナがそれぞれ検出する信号のSNRの総和である、請求項11に記載の送信装置。

【請求項14】

前記物理量は、より大きな値を有する1つまたは複数の前記SNRの総和である、請求項13に記載の送信装置。

【請求項15】

前記伝送パラメータは、マッピングにおける変調多値数である、請求項11から14のいずれか1項に記載の送信装置。

【請求項16】

請求項11から15のいずれか1項に記載の送信装置から受信した信号から、前記伝送パラメータの変更を信号系列ごとに検出する手段を有する、複数の受信アンテナによって並列信号を受信する受信装置。

【請求項17】

請求項11から15のいずれか1項に記載の送信装置と、請求項16に記載の受信装置の間で、データを並列に送受信する無線通信システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】送信装置、受信装置、無線通信システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のアンテナを有する送信装置と、複数のアンテナを有する受信装置の間で、並列にデータを送受信する無線通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

図6を参照すると、複数のアンテナを有する送信装置21と、複数のアンテナを有する受信装置22からなる従来技術の無線通信システムの例が示されている。ここでは、送信装置21が有するアンテナは2つであり、受信装置22が有するアンテナは2つである。

【0003】

送信装置21は、直列並列変換装置101と、2つのマッピング装置201と、2つの送信アンテナ104を含む。マッピング装置201は、送信アンテナ104に対応して2つ備えられる。

【0004】

送信装置21へのビット列の入力信号 d_{in} は、直列並列変換装置101に入力される。直列並列変換装置101は、入力信号 d_{in} を、送信アンテナ104の数に対応した並列信号 d_1 、 d_2 に変換する。

【0005】

並列信号 d_1 、 d_2 は、マッピング装置201に入力される。マッピング装置201は、変調多値数として、例えば4値PSKを用いる場合、並列信号(d_1 、 d_2)2ビットごとに1つのシンボルを割り当て、並列信号 d_1 、 d_2 を送信信号 s_1 、 s_2 にそれぞれ変換する。

【0006】

送信信号 s_1 、 s_2 は、送信アンテナ104を介して、受信装置22に送信される。

【0007】

受信装置22は、受信アンテナ105と、チャネル推定装置106と、復調装置108と、デマッピング装置202と、並列直列変換装置110を含む。デマッピング装置202は、送信アンテナ104に対応して2つ備えられる。

【0008】

受信アンテナ105で受信される各受信信号 r_1 、 r_2 は、送信信号 s_1 と s_2 の合成波となっている。

【0009】

チャネル推定装置106は、例えばパイロット信号と呼ばれる、送信装置21と受信装置22の双方において既知の信号を用いてチャネル行列 H を計算する。このパイロット信号は、送信信号 s_1 、 s_2 とは別に、送信装置21から受信装置22へ送信される。チャネル行列 H は、受信信号 r_1 、 r_2 と、送信信号 s_1 、 s_2 を関係づける[数1]の行列のことである。なお、 n_1 、 n_2 は、それぞれ受信信号 r_1 、 r_2 に付加されるノイズ信号である。

【0010】

【数1】

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

【0011】

チャネル推定装置106は、受信装置22にとっても既知である、送信装置21が送信したパイロット信号と、受信装置22が受信したこのパイロット信号から、チャネル行列 H を計算する。

【0012】

受信信号 r_1 、 r_2 は、復調装置 108 に入力される。復調装置 108 は、チャネル推定装置 106 からチャネル行列 H を受信し、チャネル行列 H の逆行列 H^{-1} を用いて、[数 2] のように復調信号 y_1 、 y_2 を得る。

【0013】

【数 2】

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \mathbf{H}^{-1} \mathbf{r} = \mathbf{s} + \mathbf{H}^{-1} \mathbf{n}$$

$$= \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} + \frac{1}{|\mathbf{H}|} \begin{pmatrix} h_{22} & -h_{12} \\ -h_{21} & h_{11} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} + \frac{1}{h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}} \begin{pmatrix} h_{22}n_1 - h_{12}n_2 \\ -h_{21}n_1 + h_{11}n_2 \end{pmatrix}$$

【0014】

なお、チャネル行列 H は、その行列要素 h_{nm} ($n=1, 2$; $m=1, 2$) が時間とともにダイナミックに変動するが、行列要素同士の相関が十分に低く、独立に変動しているとみなせる場合には、逆行列 H^{-1} が存在することが知られており、以上の方法による復調が可能になる。

【0015】

復調信号 y_1 、 y_2 は、デマッピング装置 202 に入力される。デマッピング装置 202 は、マッピング装置 201 とは全く逆の手順により、復調信号 y_1 、 y_2 をビット列の再生並列信号

【0016】

【数 3】

$$\hat{d}_1, \hat{d}_2$$

【0017】

に変換する。すなわち、変調多値数として、例えば 4 値 PSK が用いる場合、1 シンボルの復調信号 (y_1 、 y_2) が 2 ビットの再生並列信号に変換される。

【0018】

再生並列信号は、並列直列変換装置 110 に入力される。並列直列変換装置 110 は、再生並列信号を出力信号 d_{out} に変換し、受信装置 22 から出力する。

【0019】

ところで、上記の従来技術の無線システムにおいて、復調信号 y_1 、 y_2 の信号電力と雑音電力の比 (SNR) γ_1 、 γ_2 は、それぞれ [数 4]、[数 5] のようになる。ただし、 σ_1^2 、 σ_2^2 は雑音電力を表わす。

【0020】

【数 4】

$$\gamma_1 = \frac{|s_1|^2 |h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}|^2}{\sigma_1^2 (|h_{22}|^2 + |h_{12}|^2)}$$

【0021】

【数5】

$$\gamma_2 = \frac{|s_2|^2 |h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}|^2}{\sigma_2^2 (|h_{21}|^2 + |h_{11}|^2)}$$

【0022】

また、雑音電力 σ^2 は、時間の関数としての復調信号を $y(t)$ (添え字は省略。以下、同じ) とすると、 K 個のサンプリング時間を用いて、【数6】により求められる。

【0023】

【数6】

$$\sigma^2 = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K \left\{ y(t) - \frac{1}{K} \sum_{t'=1}^K y(t') \right\}^2$$

【0024】

本来、【数6】の右辺は、干渉電力と雑音電力の和を示す量であるが、上記の従来技術の無線通信システムでは、復調信号 y_1 、 y_2 をチャネル行列 H の逆行列 H^{-1} を用いて復調しているため、【数2】が示すように、復調信号 y_1 、 y_2 には干渉信号成分は存在しない (【数2】の y_1 が s_2 に依存せず、 y_2 が s_1 に依存しないため)。よって、【数6】の右辺は、雑音電力 σ^2 に等しくなる。

【0025】

このように、復調信号 y_1 、 y_2 を測定して、【数6】にあてはめれば、 σ_1^2 、 σ_2^2 が求まる。しかし、 σ^2 は、一般に、受信アンテナ 105 に含まれる増幅器において発生するノイズ信号によってほぼ決定される。したがって、同じ種類の受信アンテナ、同じ種類の増幅器を同じ環境で用いている場合には、復調信号 y_1 、 y_2 についての雑音電力 σ_1^2 、 σ_2^2 は等しいとみなせ ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)、また、雑音電力 σ^2 は、時間変化をそれほどともなうものでもないため、一度計算してしまえば、既知の値 ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \text{const.}$) としても差し支えない。

【0026】

また、 $|s_1|^2$ 、 $|s_2|^2$ (すなわち、送信信号の2乗の時間平均) は、無線通信システムにおいて既知の値で、なおかつ等しい ($|s_1|^2 = |s_2|^2 = \text{const.}$)。

【0027】

以上により、上記の従来技術の無線通信システムにおいては、チャネル行列 H を求めると、復調信号 y_1 、 y_2 の SNR γ_1 、 γ_2 を計算することができる。

【0028】

ここで、ダイナミックに変動するチャネル行列 H の行列要素 h_{nm} ($n=1, 2$; $m=1, 2$) が、例えば、 $|h_{22}|^2 + |h_{12}|^2 = 2(|h_{21}|^2 + |h_{11}|^2)$ を満たすような値となっている場合を考えると、 $\gamma_2 = 2\gamma_1$ となり、復調信号 y_2 の SNR は、復調信号 y_1 の SNR の2倍であることがわかる。ここで、復調信号 y_1 の SNR が所要値に等しい場合、復調信号 y_2 の SNR は過剰ということになり、効率的に情報を伝送するという点では好ましいとは言えない。効率的に情報を伝送するには、変調多値数などの伝送パラメータを適応的に制御して、過剰になった SNR をむしろ伝送速度を上げるために活用したほうが得策である。

【0029】

従来技術のなかには、SNR などに代表される、回線品質を推定するための物理量にもとづいて伝送パラメータを制御する技術がいくつか含まれている。例えば、1つのアンテナを有する送信装置と、1つのアンテナを有する受信装置からなる無線通信システムにおいて、符号誤り率などの物理量にもとづいて伝送パラメータを制御する技術が開示されて

いる（特許文献1、2参照）。また、同一の信号を送信する複数のアンテナを有する送信装置と通信する1つの受信装置が、回線品質にもとづいて、送信装置のアンテナを択一的に選択する技術も開示されている（特許文献3参照）。

【特許文献1】特開昭57-155856号公報

【特許文献2】特開2001-103041号公報

【特許文献3】特開2003-78480号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0030】

しかしながら、本発明が対象とするような、複数のアンテナを有する送信装置と、複数のアンテナを有する受信装置の間で、データを並列に送受信する無線通信システムにおいては、回線品質にもとづいて伝送パラメータを制御する技術はこれまで提案されていない。

【0031】

本発明の目的は、データを並列に送受信する、複数のアンテナを有する送信装置と、複数のアンテナを有する受信装置からなり、回線品質にもとづいて伝送パラメータを制御する無線通信システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0032】

上記目的を達成するために、本発明は、受信装置が、復調信号を計測して、信号系列ごとに、 $SINR$ （信号電力と、干渉電力と雑音電力の和との比）などの無線回線品質を推定するための物理量を計算する。そして、この物理量にもとづいて、信号系列ごとに、送信装置が伝送の制御の際に用いる伝送パラメータを決定し、これを送信装置にフィードバックする。送信装置は、この伝送パラメータにもとづいて、信号系列ごとに伝送を制御する。

【0033】

なお、受信装置が、送信装置が並列に送信した送信信号と、受信装置が受信した受信信号を関係づけるチャネル行列を推定し、これにもとづいて受信信号の復調を行う場合、無線回線品質を推定するための物理量は、このチャネル行列のみによって計算できる。

【0034】

例えば、復調信号の SNR （信号電力と雑音電力の和の比）は、チャネル行列のみによって計算可能である。チャネル行列にもとづいて復調を行う場合、復調信号には干渉信号成分がないので、復調信号の SNR と $SINR$ は等しい。

【0035】

さらに、チャネル行列にもとづいて復調を行う場合には、複数の送信アンテナが個別に信号を送信したと仮定した場合に、複数の受信アンテナがそれぞれ検出する信号の SNR の総和を、復調信号の SNR または $SINR$ とみなしてもよい。この量もチャネル行列のみによって計算できる。

【発明の効果】

【0036】

以上説明したように、本発明によれば、複数のアンテナを有する送信装置と、複数のアンテナを有する受信装置の間で、データを並列に送受信するシステムにおいて、回線品質に応じた効率的な伝送が実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

次に、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0038】

（第1の実施形態）

図1を参照すると、本発明の第1の実施形態の、複数のアンテナを有する送信装置31と、複数のアンテナを有する受信装置32からなる無線通信システムが示されている。こ

ここでは、送信装置 31 が有するアンテナは 2 つ、受信装置 32 が有するアンテナは 2 つとする。

【0039】

送信装置 31 は、直列並列変換装置 101 と、2 つのマッピング装置 201 と、2 つの送信アンテナ 104 を含む。マッピング装置 201 は、送信アンテナ 104 に対応して 2 つ備えられる。

【0040】

送信装置 31 は、1 点を除いて、図 6 に示した従来技術の送信装置 21 と同じである。この 1 点とは、マッピング装置 201 が、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} を受信し、 X_{ctrl} にもとづいて、伝送パラメータである変調多値数を適応的に制御する点である。マッピング装置 201 が、例えば 4 値 PSK を用いて、並列信号 (d_1 、 d_2) 2 ビットごとに 1 つのシンボルを割り当て、並列信号 d_1 、 d_2 をそれぞれ送信信号 s_1 、 s_2 に変換していたとすると、受信した X_{ctrl} にもとづいて、例えば 8 値 PSK を用いて、並列信号 (d_1 、 d_2) 3 ビットごとに 1 つのシンボルを割り当て、並列信号 d_1 、 d_2 をそれぞれ送信信号 s_1 、 s_2 に変換するように変更したりする。

【0041】

この伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} は、受信装置 32 の伝送パラメータ決定装置 111 の出力である次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} がフィードバックされたものである。フィードバックは、例えば、受信装置 32 から送信装置 31 に向かって送信される信号の主信号または制御信号に含めて行く。

【0042】

受信装置 32 は、受信アンテナ 105 と、チャネル推定装置 106 と、伝送パラメータ推定装置 107 と、復調装置 108 と、デマッピング装置 202 と、並列直列変換装置 110 と、SINR 推定装置 301 と、伝送パラメータ決定装置 111 を含む。デマッピング装置 202 は、送信アンテナ 104 に対応して 2 つ備えられる。

【0043】

受信装置 32 は、図 6 に示した従来技術の受信装置 22 から新たに、伝送パラメータ推定装置 107 と、SINR 推定装置 301 と、伝送パラメータ決定装置 111 が追加されている。さらに、デマッピング装置 202 が、伝送パラメータ推定装置 107 から伝送パラメータ推定信号 X_{est} を受信し、これにもとづいて復調信号 y_1 、 y_2 を再生並列信号に変換する点が異なる。これら以外の部分は、図 6 に示した従来技術の受信装置 22 と同じである。

【0044】

伝送パラメータ推定装置 107 は、受信信号 r_1 、 r_2 から伝送パラメータを推定する。本実施形態では、変調多値数を推定することになる。伝送パラメータは、例えば、主信号に付属する制御信号を復調したり、受信信号 r_1 、 r_2 の波形から推定したりして得ることができる。本発明において伝送パラメータ推定装置が必要となるのは、送信装置側で、伝送パラメータを適応的に変化させるので、デマッピングないし復号を行う受信装置側で、変化された伝送パラメータを知る必要があるためである。

【0045】

デマッピング装置 202 は、伝送パラメータ推定装置 107 から伝送パラメータ推定信号 X_{est} を受信し、これにもとづいて復調信号 y_1 、 y_2 を再生並列信号に変換する。例えば、伝送パラメータ推定信号 X_{est} が 8 値 PSK の使用を示唆するものであった場合、1 シンボルの復調信号 (y_1 、 y_2) が 3 ビットの再生並列信号になるように、復調信号 y_1 、 y_2 を再生並列信号に変換する。

【0046】

SINR 推定装置 301 は、復調信号 y_1 、 y_2 をもとに、信号電力と、干渉電力と雑音電力の和との比 (SINR) を計算し、計算した SINR を伝送パラメータ決定装置 111 に送信する。SINR は、時間の関数としての復調信号を $y(t)$ (添え字は省略。以下同じ) とすると、 K 個のサンプリング時間を用いて、[数 7] のように表わせる。

【0047】

【数7】

$$SINR = \left\{ \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K y(t) \right\}^2 / \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K \left\{ y(t) - \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K y(t) \right\}^2$$

【0048】

このSINRを復調信号 y_1 、 y_2 について求める。

【0049】

なお、本実施形態では、復調信号 y_1 、 y_2 をチャネル行列 H の逆行列 H^{-1} を用いて復調しているので、【数2】が示すように、復調信号 y_1 、 y_2 には干渉信号成分は存在しない（すなわち、【数2】の y_1 が s_2 に依存せず、 y_2 が s_1 に依存しない）。したがって、本実施形態の場合、【数7】によって計算されるSINRはSNRに等しくなる。無論、他の復調方法（例えば、最尤系列推定法、干渉キャンセラーなど）によった場合は、SINRは必ずしもSNRに等しくなるわけではない。

【0050】

伝送パラメータ決定装置111は、SINR推定装置301から、復調信号 y_1 、 y_2 についてのSINRを受信し、これにもとづいて、次の伝送における伝送パラメータを決定し、次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} を出力する。

【0051】

無線通信においては、チャネル推定や制御信号の送信などのために、通常、スロット化またはフレーム化が行われている。伝送パラメータも、単スロットまたはフレーム、あるいは、複数スロットまたはフレームごとに制御する。したがって、「次回」とは、次の単（複数）フレームまたはスロットを指している。

【0052】

次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} は、前述したように、送信装置31にフィードバックされ、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} として、マッピング装置201へ入力される。

【0053】

次に、伝送パラメータ決定装置111の動作を、具体例を参照して説明する。

【0054】

送信信号 s_1 、 s_2 の変調多値数がともに4値PSKで、SINR推定装置301で計算した復調信号 y_1 のSINRが7.4 dB、復調信号 y_2 のSINRが17.4 dBであったとする。ここで、所要の回線品質をビット誤り率1%とすると、図2より、送信信号 s_1 に対しては4値PSKが妥当であるが、送信信号 s_2 に対しては16値PSKが適用可能であることがわかる。そこで、伝送パラメータ決定装置111は、送信信号 s_1 、 s_2 に対して、それぞれ4値PSK、16値PSKを用いることを指定する次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} を出力する。

【0055】

以上により、送信信号 s_1 では1シンボル当たり2ビットを、送信信号 s_2 では1シンボル当たり4ビットのデータを伝送することができ、4値PSKで固定していた場合に比べ、所要の回線品質を満たしながら効率的な伝送が実現できる。

【0056】

（第2の実施形態）

図3を参照すると、本発明の第2の実施形態の、複数のアンテナを有する送信装置51と、複数のアンテナを有する受信装置52からなる無線通信システムが示されている。ここでは、送信装置51が有するアンテナは2つ、受信装置52が有するアンテナは2つとする。

【0057】

送信装置51は、図1の第1の実施形態の送信装置31と同じである。

【0058】

受信装置52は、図1の第1の実施形態の受信装置32と比べて、SINR推定装置301のかわりにSNR推定装置501が設けられている点のみが異なる。

【0059】

SNR推定装置501は、SINR推定装置301のように復調信号 y_1 、 y_2 を入力とするのではなく、チャネル推定装置106の出力であるチャネル行列 H を入力として、SNRを計算する。

【0060】

本来、回線品質を推定するための物理量としてはSINRが望ましいが、前述したように、チャネル行列 H の逆行列 H^{-1} による復調処理においては、復調信号 y_1 、 y_2 に干渉信号がないため（すなわち、[数2]の y_1 が s_2 に依存せず、 y_2 が s_1 に依存しないため）、SINRはSNRに等しくなる。

【0061】

SNR推定装置501は、チャネル行列 H から、[数4]と[数5]にもとづいて、復調信号 y_1 、 y_2 のSNRを計算する（前述したように、 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \text{const.}$ 、 $|s_1|^2 = |s_2|^2 = \text{const.}$ で、すべて既知の値である）。計算したSNRは、伝送パラメータ決定装置111に送信する。

【0062】

次に、伝送パラメータ決定装置111の動作を、具体例を参照して説明する。

【0063】

例えば、 $|h_{11}|^2 = 1$ 、 $|h_{12}|^2 = 0.5$ 、 $|h_{21}|^2 = 2$ 、 $|h_{22}|^2 = 0.5$ であるチャネル行列 H がチャネル推定装置106によって推定され、これにもとづいて、SNR推定装置501がSNRを計算すると、 $\gamma_1 = 3\gamma_2$ となる。ここで、 γ_2 が7.4 dBであるとする、 γ_1 は約12.1 dBとなる。図2からわかるように、4値PSKで回線品質であるビット誤り率1%を得るためには、7.4 dBのSNRでよいことがわかる。したがって、所要の回線品質がビット誤り率1%の場合、送信信号 s_2 は4値PSKが妥当である。しかし、8値PSKを用いた場合には、回線品質であるビット誤り率1%を12 dBのSNRで実現できるため、送信信号 s_1 に対しては、8値PSKを用いても所要の回線品質を満たしていることがわかる。そこで、伝送パラメータ決定装置111は、次の伝送パラメータとして、送信信号 s_1 には8値PSKを、送信信号 s_2 には4値PSKを用いるような次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} を出力する。送信装置51は、次の伝送において、送信信号 s_1 を8値PSKで、送信信号 s_2 を4値PSKで伝送する。これにより、ともに4値PSKを用い続ける場合に比べ、高速な伝送が期待できる。

【0064】

（第3の実施形態）

図4を参照すると、本発明の第3の実施形態の、複数のアンテナを有する送信装置61と、複数のアンテナを有する受信装置62からなる無線通信システムが示されている。ここでは、送信装置61が有するアンテナは2つ、受信装置62が有するアンテナは4つとする。

【0065】

送信装置61は、図1の第1の実施形態の送信装置31、および、図3の第2の実施形態の送信装置51と同じである。

【0066】

受信装置62は、図1の第1の実施形態の受信装置32、または、図3の第2の実施形態の送信装置52と比べて、次の2点において異なる。

【0067】

1つは、受信アンテナ105が4つになったことにともなう相違であり、チャネル推定装置106は、[数8]に示す 4×2 のチャネル行列 H を求め、復調装置108に送信する。

【0068】

【数 8】

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{pmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

【0069】

この 4×2 のチャネル行列 \mathbf{H} も、行列要素同士の相関が十分に低く、独立に変動しているとみなせる場合には、 \mathbf{H}^H を \mathbf{H} の複素共役転置行列として、 $\mathbf{H}^+ = (\mathbf{H}^H \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^H$ なる行列 (Moore-Penrose generalized inverse) が存在することが知られており、以下の方法による復調が可能になる。

【0070】

復調装置108は、[数9]に示すように、この \mathbf{H}^+ を用いて、受信信号 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 から復調信号 y_1 、 y_2 を得る。

【0071】

【数9】

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \mathbf{H}^+ \mathbf{r} = \mathbf{s} + \mathbf{H}^+ \mathbf{n} = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} + \mathbf{H}^+ \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{pmatrix}$$

【0072】

もう1つは、図1の第1の実施形態のSINR推定装置301、または、図3の第2の実施形態のSNR推定装置501のかわりに、送受信アンテナ間SNR推定装置601が設けられている点である。

【0073】

送受信アンテナ間SNR推定装置601は、図3の第2の実施形態のSNR推定装置501と同様に、チャネル推定装置106からチャネル行列 \mathbf{H} を受信する。このチャネル行列 \mathbf{H} を用いて、受信アンテナ105が送信信号 s_1 、 s_2 を個別に受信したと考えた場合の受信信号のSNRを[数10]により計算する。

【0074】

【数10】

$$\gamma_{nm} = \frac{|h_{nm}|^2 |s_m|^2}{\sigma_n^2} \quad (n=1,2,3,4; m=1,2)$$

【0075】

送信信号 s_1 を送信するアンテナを送信アンテナ1、送信信号 s_2 を送信するアンテナを送信アンテナ2、受信信号 y_1 を検出するアンテナを受信アンテナ1、受信信号 y_2 を検出するアンテナを受信アンテナ2、受信信号 y_3 を検出するアンテナを受信アンテナ3、受信信号 y_4 を検出するアンテナを受信アンテナ4とすると、送信アンテナ1が送信信号 s_1 を送信し、これを受信アンテナ1が受信した場合のその信号のSNRが γ_{11} 、これを受信

アンテナ2が受信した場合のその信号のSNRが γ_{21} 、これを受信アンテナ3が受信した場合のその信号のSNRが γ_{31} 、これを受信アンテナ4が受信した場合のその信号のSNRが γ_{41} となる。また、送信アンテナ2が送信信号 s_2 を送信し、これを受信アンテナ1が受信した場合のその信号のSNRが γ_{12} 、これを受信アンテナ2が受信した場合のその信号のSNRが γ_{22} 、これを受信アンテナ3が受信した場合のその信号のSNRが γ_{32} 、これを受信アンテナ4が受信した場合のその信号のSNRが γ_{42} となる。

【0076】

また、前述したように、 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \text{const.}$ 、 $|s_1|^2 = |s_2|^2 = \text{const.}$ で、すべて既知の値であるから、チャネル行列 H が求まれば、 γ_{nm} を計算することができる。

【0077】

送受信アンテナ間SNR推定装置601は、以上のようにして求めた γ_{nm} を、伝送パラメータ決定装置111に送信する。

【0078】

伝送パラメータ決定装置111は、送受信アンテナ間SNR推定装置601から γ_{nm} を受信する。例えば、受信した γ_{nm} に $\gamma_{11} > \gamma_{21} > \gamma_{31} > \gamma_{41}$ および $\gamma_{12} > \gamma_{22} > \gamma_{32} > \gamma_{42}$ の関係があったとすると、例えば、送信信号 s_1 、 s_2 ごとに最も大きいSNRを2つ選択し、選択されたSNRを加算したものを、復調信号 y_1 、 y_2 のSNRとみなす。すなわち、復調信号 y_1 、 y_2 のSNRは、それぞれ $\gamma_1 = \gamma_{11} + \gamma_{21}$ および $\gamma_2 = \gamma_{12} + \gamma_{22}$ となる。ここで得られた γ_1 、 γ_2 にもとづいて、第1の実施形態、第2の実施形態と同様に適切な伝送パラメータを選択し、次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} を出力する。これにより、効率の高い伝送が期待できる。

【0079】

(第4の実施形態)

図5を参照すると、本発明の第4の実施形態の、複数のアンテナを有する送信装置11と、複数のアンテナを有する受信装置12からなる無線通信システムが示されている。ここでは、送信装置11が有するアンテナは M 個、受信装置12が有するアンテナは N 個とする。

【0080】

本実施形態は、図1の第1の実施形態をベースにして、一般化を図った実施形態である。

【0081】

図1の第1の実施形態と比べると、各装置がアンテナ数の変化に起因する変更を受ける点、送信装置11に符号化装置102が設けられる点、デマッピング装置202のかわりに復号装置109が設けられる点、復調装置108の復調方法が一般化される点、回線品質を推定するための物理量を計算する機能を一般化し、これを伝送パラメータ決定装置111に具備させることで、SINR推定装置301が省略されている点異なる。

【0082】

以下で、上記相違点に留意して、本実施形態の無線通信システムを説明する。

【0083】

直列並列変換装置101は、ビット列の入力信号 d_{in} を、送信アンテナ104の数 M と等しい数の並列信号 $d_1 \sim d_M$ に変換する。符号化装置102は、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} を受信し、これにもとづいて並列信号 $d_1 \sim d_M$ を誤り訂正符号化し、誤り訂正符号化信号 $c_1 \sim c_M$ を出力する。このとき、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} にもとづいて、誤り訂正符号の構成や、符号化率を制御する。

【0084】

マッピング装置103は、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} を受信し、これにもとづいて誤り訂正符号化信号 $c_1 \sim c_M$ を送信信号 $s_1 \sim s_M$ に変換する。例えば、変調多値数が4値PSKの場合には2ビットの入力に対して1シンボルを出力し、8値PSKの場合には3ビットの入力に対して1シンボルを出力する。このとき、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl}

にもとづいて、これらの変調多値数を制御する。

【0085】

なお、伝送パラメータ制御信号 X_{ctrl} は、伝送パラメータ決定装置 111 の出力である次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} がフィードバックされたものである。送信信号 $s_1 \sim s_M$ は、送信アンテナ 104 によって、受信装置 12 に送信される。

【0086】

N本の受信アンテナ 105 によって検出された受信信号 $r_1 \sim r_N$ は、伝送パラメータ推定装置 107、復調装置 108 の入力となる。

【0087】

チャネル推定装置 106 は、前述のように、例えばパイロット信号を用いて、[数 11] の $N \times M$ のチャネル行列 H を計算する。

【0088】

【数 11】

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1M} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \cdots & h_{NM} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_N \end{pmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

【0089】

伝送パラメータ推定装置 107 は、受信信号 $r_1 \sim r_N$ から伝送パラメータを推定する。復調装置 108 は、チャネル行列 H と受信信号 $r_1 \sim r_N$ を、さらには、伝送パラメータ推定装置 107 からの伝送パラメータ推定信号 X_{est} を入力として、復調信号 $y_1 \sim y_M$ を生成する。復調方法としては、第 1 から第 3 の実施形態と同様、チャネル行列 H を用いた復調がまず挙げられる。この場合、[数 12] のようにして、復調信号 $y_1 \sim y_M$ を生成する。ただし、 $H^+ = (H^H H)^{-1} H^H$ ($N \geq M$)、 $H^+ = H^H (H H^H)^{-1}$ ($N \leq M$) である。

【0090】

【数 12】

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_M \end{pmatrix} = \mathbf{H}^+ \mathbf{r} = \mathbf{s} + \mathbf{H}^+ \mathbf{n} = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{pmatrix} + \mathbf{H}^+ \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_N \end{pmatrix}$$

【0091】

その他の復調方法としては、最尤系列推定法、干渉キャンセラーなどが挙げられる。これらの場合は、復調には伝送パラメータ推定信号 X_{est} が必要である。復調装置 108 は、最尤系列推定法におけるレプリカ信号生成、干渉キャンセラーにおけるレプリカ信号生成などにおける伝送パラメータを伝送パラメータ推定信号 X_{est} によって制御する。

【0092】

復号装置 109 は、伝送パラメータ推定信号 X_{est} にもとづいて、復調信号 $y_1 \sim y_M$ を再生並列信号

【0093】

【数13】

$$\hat{d}_1, \hat{d}_2, \dots, \hat{d}_M$$

【0094】

に変換する。復号装置109としては、MAP復号器、軟判定ビタビ復号器などが用いられる。復号装置109は、例えば、復調信号 $y_1 \sim y_M$ からビット尤度比を用いて復調する場合、各送信信号 $s_1 \sim s_M$ が受けたチャネル変動が必要なため、チャネル推定装置106からチャネル行列 H を受信するようにする。

【0095】

並列直列変換装置110は、再生並列信号を出力信号 d_{out} に変換し、これを受信装置12から出力する。

【0096】

伝送パラメータ決定装置111は、復調信号 $y_1 \sim y_M$ を用いて回線品質を評価する。例えば、【数7】に示すSINRを計算し、回線品質を評価する。これにもとづいて、次の伝送に用いる伝送パラメータを決定し、次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} を出力する。 X_{next} は、送信装置11へフィードバックされる。

【0097】

本実施形態では、伝送パラメータとして、4値PSK、8値PSKなどの変調多値数、誤り訂正符号化における符号化率や符号語構成などを用いているが、その他には、スペクトル拡散通信方式においては拡散率やホッピングパターン、マルチキャリア通信においてはキャリア数や送信電力配分などが挙げられる。

【0098】

なお、第2および第3の実施形態では、受信装置52、62に、回線品質を推定するための物理量を計算する装置（SNR推定装置501、送受信アンテナ間SNR推定装置601）と、伝送パラメータ決定装置111を設ける形態のみを説明した。しかしながら、送信装置51、61から受信装置52、62へのチャネル行列（すなわち、送信装置51、61から送信された信号と、これを受信装置52、62で検出した信号を関係づける行列）と、受信装置52、62から送信装置51、61へのチャネル行列（すなわち、受信装置52、62から送信された信号と、これを送信装置51、61で検出した信号を関係づける行列）が同じならば、送信装置51、61においても、送信装置51、61から受信装置52、62へのチャネル行列を推定することが可能である。したがって、この場合、送信装置51、61に、チャネル推定装置と、回線品質を推定するための物理量を計算する装置（SNR推定装置、送受信アンテナ間SNR推定装置）と、伝送パラメータ決定装置を設けることにより、第2および第3の実施形態と同様な効果が得られる（この場合、受信装置52、62から送信装置51、61へ次回伝送パラメータ制御信号 X_{next} をフィードバックしなくてもよいので、無線資源の節約にはなる）。なぜなら、この場合の回線品質を推定するための物理量（SNR、送受信アンテナ間SNR）は、復調信号を計測する必要はなく、チャネル行列のみによって計算することができるからである。

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】第1の実施形態の無線通信システムの構成を示した図である。

【図2】4値PSK、8値PSK、16値PSKを用いた場合のビット誤り率である。

【図3】第2の実施形態の無線通信システムの構成を示した図である。

【図4】第3の実施形態の無線通信システムの構成を示した図である。

【図5】第4の実施形態の無線通信システムの構成を示した図である。

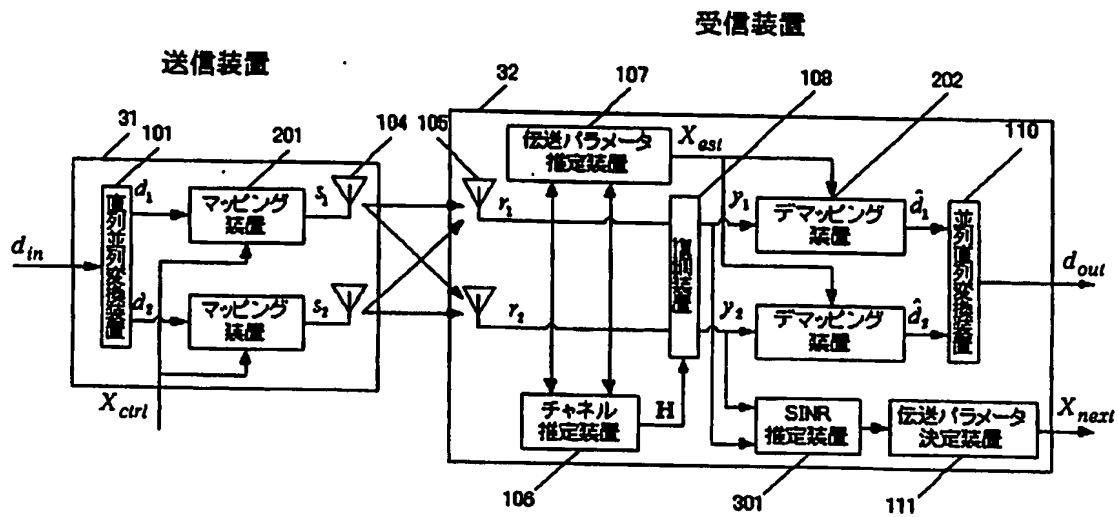
【図6】従来技術の無線通信システムの構成を示した図である。

【符号の説明】

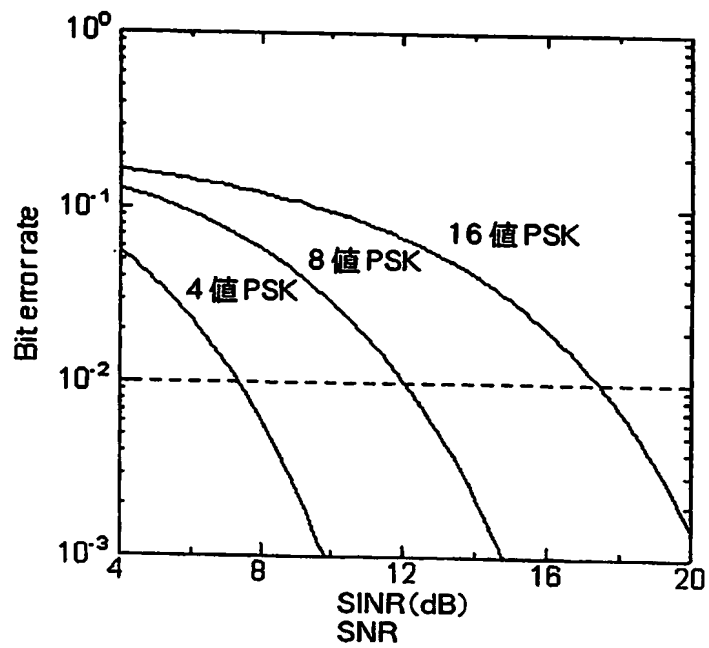
【0100】

- 11、21、31、51、61 送信装置
- 12、22、32、52、62 受信装置
- 101 直列並列変換装置
- 102 符号化装置
- 103 マッピング装置
- 104 送信アンテナ
- 105 受信アンテナ
- 106 チャンネル推定装置
- 107 伝送パラメータ推定装置
- 108 復調装置
- 109 復号措置
- 110 並列直列変換装置
- 111 伝送パラメータ決定装置
- 201 マッピング装置
- 202 デマッピング装置
- 301 SINR推定装置
- 501 SNR推定装置
- 601 送受信アンテナ間SNR推定装置

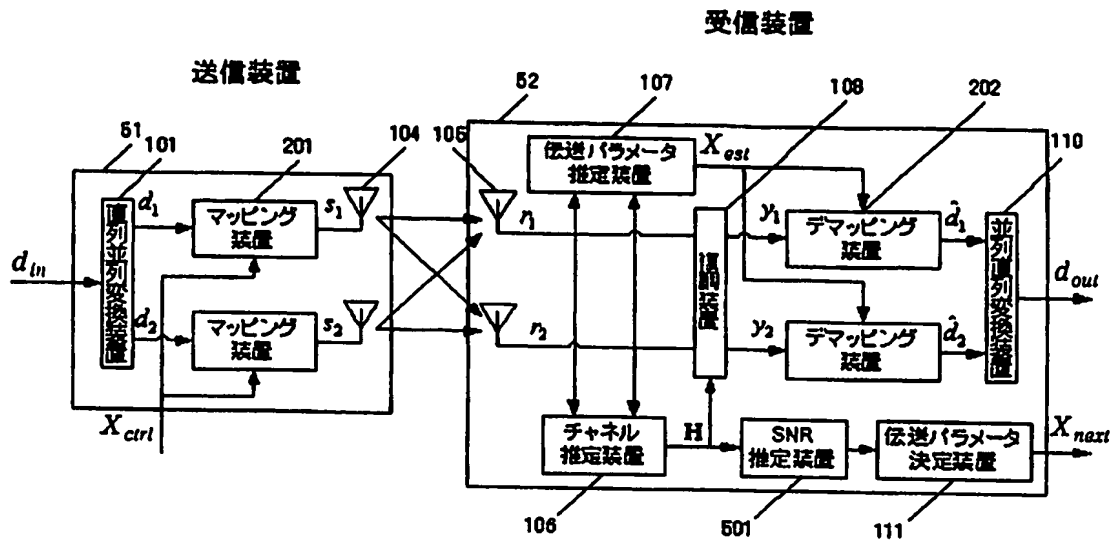
【書類名】 図面
【図 1】



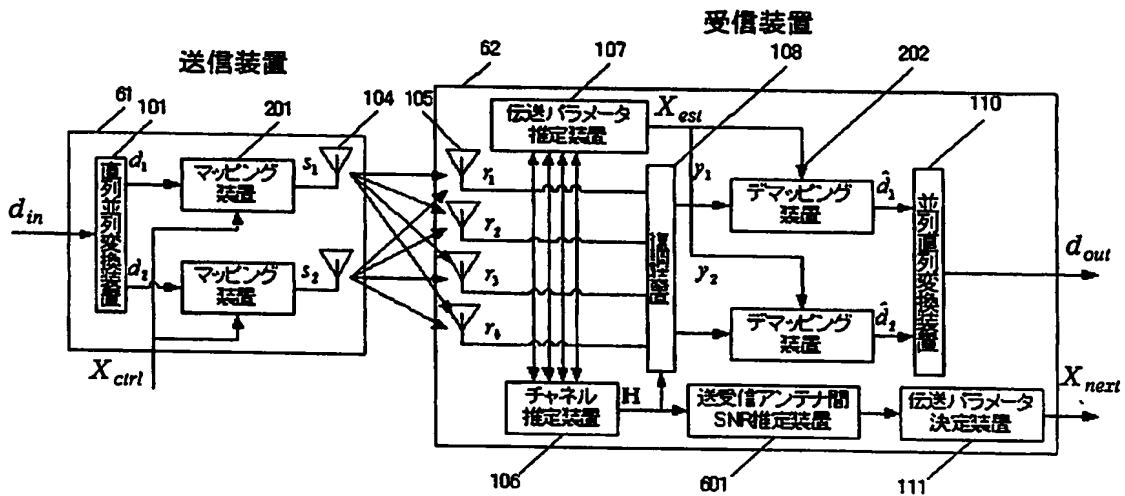
【図 2】



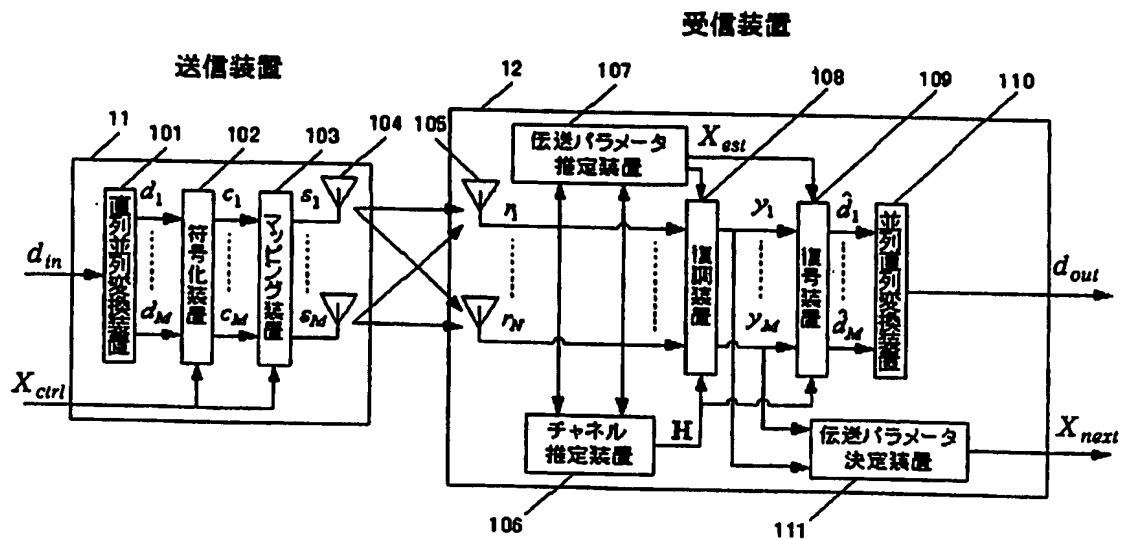
【図 3】



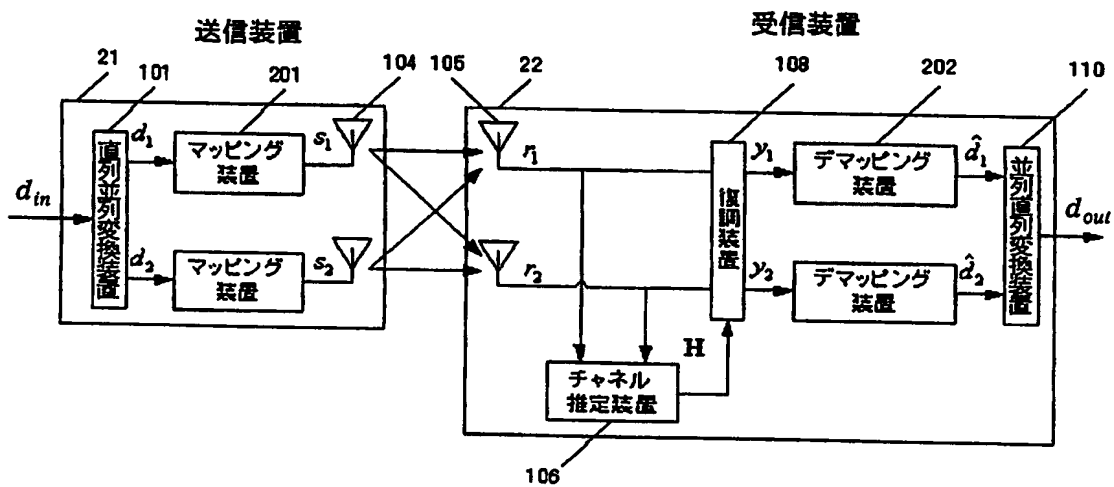
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 データを並列に送受信する、複数のアンテナを有する送信装置と、複数のアンテナを有する受信装置からなり、回線品質にもとづいて伝送パラメータを制御する無線通信システムを提供する。

【解決手段】 受信装置 32 の SINR 推定装置 301 が、復調信号 y_1 、 y_2 を計測して、信号系列ごとに SINR (信号電力と、干渉電力と雑音電力の和との比) を計算する。そして、伝送パラメータ決定装置 111 が、この SINR にもとづいて、信号系列ごとに、送信装置 31 が伝送の制御の際に用いる伝送パラメータ X_{nec} を決定し、これを送信装置 31 にフィードバックする。送信装置 31 のマッピング装置 201 は、フィードバックされた伝送パラメータ X_{ctrl} にもとづいて、信号系列ごとに変調多値数を制御する。

【選択図】 図 1

特願 2003-275333

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000004237]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都港区芝五丁目7番1号

氏名

日本電気株式会社